

CONFOCAL OPTICAL SCANNER AND CONFOCAL MICROSCOPE

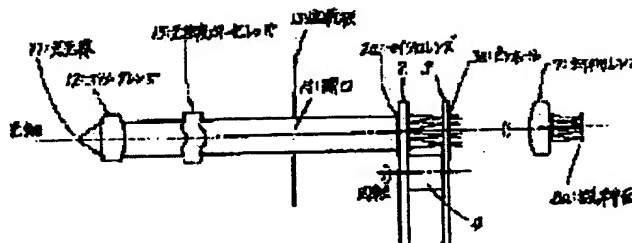
Patent number: JP2001228402
Publication date: 2001-08-24
Inventor: KAWAMURA SHINICHIRO
Applicant: YOKOGAWA ELECTRIC CORP
Classification:
- International: G02B21/00
- european:
Application number: JP20000034927 20000214
Priority number(s):

Report a data error here

Abstract of JP2001228402

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a confocal optical scanner and confocal microscope capable of irradiating a sample with light uniform in light intensity without degrading its light quantity.

SOLUTION: A light intensity uniformity lens 15 is arranged between a collimator lens 12 and a shielding plate 13. The incident light incident on the light intensity uniformity lens 15 has an incident light intensity distribution of a Gauss distribution in which the incident light intensity is strongest near the optical axis and is increasingly weaker the more distant from the optical axis. The light intensity uniformity lens 15 is a concave lens form to diffuse parallel light beams in the central part where the incident light is denser and a convex lens form to converge the parallel light beams in a peripheral part where the incident light is coarser. The light intensity uniformity lens 15 does not cut the light of a segment (the peripheral part of the lens) where the light intensity in the gauss distribution is low and is therefore capable of preventing the light quantity loss by maintaining the light quantity of the incident light at about 70 to 90%.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

BEST AVAILABLE COPY

第 91137893 号
初審(特願)引証附件

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-228402

(P2001-228402A)

(43) 公開日 平成13年8月24日 (2001.8.24)

(51) Int.Cl.

G 0 2 B 21/00

識別記号

F I

G 0 2 B 21/00

特開2001-228402

2 H 0 5 2

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-34927 (P2000-34927)

(22) 出願日 平成12年2月14日 (2000.2.14)

(71) 出願人 000006507

横河電機株式会社

東京都武蔵野市中町2丁目9番32号

(72) 発明者 河村 信一郎

東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河

電機株式会社内

Fターム(参考) 2H052 AA08 AA13 AC04 AC15 AC18

AC28 AC29 AC34 AD32 AD35

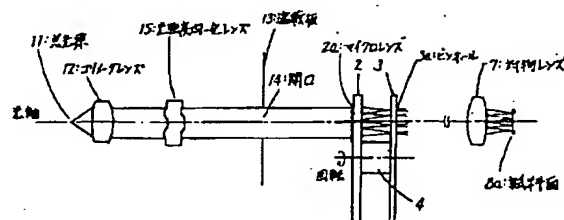
AF14

(54) 【発明の名称】 共焦点用光スキャナ及び共焦点顕微鏡

(57) 【要約】

【課題】 光量を低下させずに光強度が均一な光を試料に照射することができる共焦点用光スキャナ及び共焦点顕微鏡を提供する。

【解決手段】 光強度均一化レンズ15は、コリメータレンズ12と遮蔽板13との間に配置されている。光強度均一化レンズ15に入射する入射光は、光強度分布がガウス分布であり、光軸付近において入射光強度が最も強く、光軸から離れるにしたがって入射光強度が弱くなる。光強度均一化レンズ15は、入射光が密になる中心部が平行光を拡散させる凹レンズ状であり、入射光が疎になる周辺部が平行光を収束させる凸レンズ状である。光強度均一化レンズ15は、ガウス分布における光強度の低い部分(レンズ周辺部)の光をカットしないために、入射光の光量を70~90%程度維持して光量損失を防止することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ビンホールを通過した光を試料に走査し、前記試料の焦点位置からの蛍光を前記ビンホールに通過させ、前記試料の焦点位置以外からの蛍光を前記ビンホールで排除する共焦点用光スキャナであって、入射光の光量を維持するとともに、前記ビンホールを通過する光の強度を均一化する光強度均一化レンズを備えること、

を特徴とする共焦点用光スキャナ。

【請求項2】 請求項1に記載の共焦点用光スキャナにおいて、

前記光強度均一化レンズは、中心部が入射光を発散させる発散レンズ部であり、周辺部が入射光を収束させる収束レンズ部であること、

を特徴とする共焦点用光スキャナ。

【請求項3】 請求項1又は請求項2に記載の共焦点用光スキャナにおいて、

前記光強度均一化レンズに入射する光を平行光にするコリメータレンズと、

前記光強度均一化レンズを透過した光が通過する開口部を有する遮蔽板と、

前記開口部を通過した光が透過する複数のマイクロレンズを有する集光ディスクと、

前記マイクロレンズの焦点位置に前記ビンホールを有し、前記集光ディスクと一体に回転することによってこのビンホールを通過した光を前記試料に走査するビンホールディスクと、

前記マイクロレンズから前記ビンホールに向かう光を透過させ、前記ビンホールを通過した前記蛍光を受光面に向けて反射させるビームスプリットと、

を含む共焦点用光スキャナ。

【請求項4】 請求項1又は請求項2に記載の共焦点用光スキャナにおいて、

前記光強度均一化レンズに入射する光を平行光にするコリメータレンズと、

前記光強度均一化レンズを透過した光が通過する開口部を有する遮蔽板と、

前記開口部を通過した光が通過する複数の前記ビンホールを有し、回転することによってこのビンホールを通過した光を前記試料に走査するビンホールディスクと、

前記開口部から前記ビンホールに向かう光を透過させ、前記ビンホールを通過した前記蛍光を受光面に向けて反射させるビームスプリットと、

を含む共焦点用光スキャナ。

【請求項5】 請求項1から請求項4までのいずれか1項に記載の共焦点用光スキャナにおいて、

前記光強度均一化レンズと前記遮蔽板との間に、この光強度均一化レンズを透過した光ビームの口径を拡大するケプラー型拡大光学系又はガリレオ型拡大光学系を備えること、

を特徴とする共焦点用光スキャナ。

【請求項6】 請求項1から請求項4までのいずれか1項に記載の共焦点用光スキャナにおいて、

前記コリメータレンズと前記光強度均一化レンズとの間に、このコリメータレンズを透過した光ビームの口径を縮小するケプラー型縮小光学系又はガリレオ型縮小光学系を備えること、

を特徴とする共焦点用光スキャナ。

【請求項7】 試料の三次元像を観察可能な共焦点顕微鏡であって、

請求項1から請求項6までのいずれか1項に記載の共焦点用光スキャナと、

前記ビンホールを通過した光を前記試料に結像させる対物レンズと、

前記ビンホールを通過した前記蛍光を結像面に結像させる集光レンズと、

を含む共焦点顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、ビンホールを通過した光を試料に走査し、試料の焦点位置からの蛍光をビンホールに通過させ、試料の焦点位置以外からの蛍光をビンホールで排除する共焦点用光スキャナ及び試料の三次元像を観察可能な共焦点顕微鏡に関する。

【0002】

【従来の技術】従来よりこの種の共焦点用光スキャナはよく知られており、例えば本願出願人が出願した特開平5-60980号公報「共焦点用光スキャナ」には、図5に示すような構成の共焦点用光スキャナが記載されている。

【0003】図示の共焦点用光スキャナ1は、ビンホール3aを通過した光を試料8に走査し、試料8の焦点位置からの蛍光をビンホール3aに通過させ、試料8の焦点位置以外からの蛍光をビンホール3aで排除する装置である。共焦点用光スキャナ1は、試料8の三次元像を観察可能な共焦点顕微鏡内に設置されている。共焦点用光スキャナ1は、集光ディスク2及びビンホールディスク3がドラム4を挟んで平行に連結され、モータ5によって回転するように形成されている。さらに、集光ディスク2とビンホールディスク3の間にはビームスプリット6が固定配置されている。

【0004】集光ディスク2には複数のマイクロレンズ（例えばフレネルレンズ）2aが形成され、ビンホールディスク3には複数のビンホール3aが多数列で螺旋状に形成されている。各マイクロレンズ2aの焦点位置に各ビンホール3aが位置するように、集光ディスク2とビンホールディスク3とが連結されている。

【0005】集光ディスク2に入射するレーザ光はマイクロレンズ2aで絞られ、ビームスプリット6を透過してビンホール3aに集光する。ビンホールを通った光は

対物レンズ7により集光され、試料8上に照射される。試料8からの戻り光は再び対物レンズ7及びピンホールディスク3を通してビームスプリッタ6で反射され、集光レンズ9を介してカメラ10に入る。カメラ10の受像面(図示せず)には試料8の像が結像される。

【0006】このような構成において、集光ディスク2とピンホールディスク3とを一体に回転させ、複数のピンホール3aにより試料面8aを光走査(ラスタースキャン)することにより、カメラ10により試料8の表面画像を観測することができる。このように、共焦点顕微鏡は、点光源と点受光を採用するために、焦点位置以外のボケや散乱光を除外して、分解能の高い三次元像を得ることができる。

【0007】図6はこのような原理に基づく共焦点用光スキャナの要部具体例を示すものである。光ファイバー端から発せられるような点光源11からの光はコリメータレンズ12によって平行光となって集光ディスク2に入射する。なお、点光源11はコリメータレンズ12の前側焦点(焦点距離f)に置かれている。

【0008】この状態において、点光源11の発散角 θ 内の光をコリメータレンズ12で平行光線に変換した場合、コリメータレンズ12を通過する光の光軸に垂直な面における光強度分布1は、図7(a)に示すようなガウス分布となる。

【0009】光軸付近の均一な(通常分布むらが目立たないようにするために最低でも10%にする)光束を切り出すために、開口14を有する遮蔽板13を設け、これを通過した光束のみ(図7(b)の斜線部)をマイクロレンズ2aに導いている。開口14の孔は通常円形である。

【0010】また、特開平11-95109号公報には、図6に示すコリメータレンズ12と遮蔽板13との間に光強度分布補正フィルタを配置した共焦点用光スキャナが開示されている。この光強度分布補正フィルタは、光強度分布がガウス分布である入射光のうち開口14を通過する光の強度分布を平坦化し、それ以外の光をカットしている。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】このように、従来の共焦点用光スキャナでは利用できる光量が少なく、試料に十分な強さの照明を行うためにはその分大きな出力の光源を用いる必要があった。しかし、大出力の光源を用いると余分な迷光を増加することになり、微弱光を扱う観察、特に蛍光観察には適さないという問題があった。

【0012】なお、不均一性を改善し、光量を減らさないための手段として一般にフライ・アイ・レンズが知られているが、これはマイクロレンズアレイに対して光軸に平行な光束を入射させることができず共焦点用光スキャナには適用できないという事情がある。

【0013】この発明の課題は、光量を低下させずに光

強度が均一な光を試料に照射することができる共焦点用光スキャナ及び共焦点顕微鏡を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】この発明は、以下のような解決手段により、前記課題を解決する。なお、この発明の実施形態に対応する符号を付して説明するが、これに限定するものではない。請求項1の発明は、ピンホール(3a)を通過した光を試料(8)に走査し、前記試料の焦点位置からの蛍光を前記ピンホールに通過させ、前記試料の焦点位置以外からの蛍光を前記ピンホールで排除する共焦点用光スキャナ(1)であって、入射光の光量を維持するとともに、前記ピンホールを通過する光の強度を均一化する光強度均一化レンズ(15)を備えることを特徴とする共焦点用光スキャナである。

【0015】請求項2の発明は、請求項1に記載の共焦点用光スキャナにおいて、前記光強度均一化レンズは、中心部が入射光を発散させる発散レンズ部であり、周辺部が入射光を収束させる収束レンズ部であることを特徴とする共焦点用光スキャナである。

【0016】請求項3の発明は、請求項1又は請求項2に記載の共焦点用光スキャナにおいて、前記光強度均一化レンズに入射する光を平行光にするコリメータレンズ(12)と、前記光強度均一化レンズを透過した光が通過する開口部(14)を有する遮蔽板(13)と、前記開口部を通過した光が透過する複数のマイクロレンズ(2a)を有する集光ディスク(2)と、前記マイクロレンズの焦点位置に前記ピンホール(3a)を有し、前記集光ディスクと一体に回転することによってこのピンホールを通過した光を前記試料に走査するピンホールディスク(3)と、前記マイクロレンズから前記ピンホールに向かう光を透過させ、前記ピンホールを通過した前記蛍光を受光面に向けて反射させるビームスプリッタ(6)とを含む共焦点用光スキャナである。

【0017】請求項4の発明は、請求項1又は請求項2に記載の共焦点用光スキャナにおいて、前記光強度均一化レンズに入射する光を平行光にするコリメータレンズと、前記光強度均一化レンズを透過した光が通過する開口部を有する遮蔽板と、前記開口部を通過した光が通過する複数の前記ピンホールを有し、回転することによってこのピンホールを通過した光を前記試料に走査するピンホールディスクと、前記開口部から前記ピンホールに向かう光を透過させ、前記ピンホールを通過した前記蛍光を受光面に向けて反射させるビームスプリッタとを含む共焦点用光スキャナである。

【0018】請求項5の発明は、請求項1から請求項4までのいずれか1項に記載の共焦点用光スキャナにおいて、前記光強度均一化レンズと前記遮蔽板との間に、この光強度均一化レンズを透過した光ビームの口径を拡大するケプラー型拡大光学系(16)又はガリレオ型拡大光学系(17)を備えることを特徴とする共焦点用光ス

キャナである。

【0019】請求項6の発明は、請求項1から請求項4までのいずれか1項に記載の共焦点用光スキャナにおいて、前記コリメータレンズと前記光強度均一化レンズとの間に、このコリメータレンズを透過した光ビームの口径を縮小するケプラー型縮小光学系(18)又はガリレオ型縮小光学系(19)を備えることを特徴とする共焦点用光スキャナである。

【0020】請求項7の発明は、試料の三次元像を観察可能な共焦点顕微鏡であって、請求項1から請求項6までのいずれか1項に記載の共焦点用光スキャナと、前記ピンホールを通過した光を前記試料に結像させる対物レンズ(7)と、前記ピンホールを通過した前記蛍光を結像面に結像させる集光レンズ(9)とを含む共焦点顕微鏡である。

【0021】

【発明の実施の形態】(第1実施形態)以下、図面を参照して、この発明の第1実施形態についてさらに詳しく説明する。図1は、この発明の第1実施形態に係る共焦点用光スキャナの概略構成図である。図2は、この発明の第1実施形態に係る共焦点用光スキャナの光強度均一化レンズを説明するための図であり、図2(a)は光強度均一化レンズに入射する入射光の光強度分布を示し、図2(b)は光軸を含む平面で光強度均一化レンズを切断した状態を示す断面図であり、図2(c)は光強度均一化レンズから出射した出射光の光強度分布を示す。なお、図5及び図6に示す部材と同一の部材には同一の番号を付して、その詳細な説明を省略する。

【0022】光強度均一化レンズ15は、コリメータレンズ12から入射する入射光の光量を維持するとともに、この入射光の強度を均一化するレンズである。光強度均一化レンズ15は、例えば、15p-V-1(15 Sep. 1998), The Japan Society of Applied Physics などにて知られている性質の軸対称性非球面レンズである。図1に示すように、光強度均一化レンズ15は、コリメータレンズ12と遮蔽板13との間に配置されている。図2(a)に示すように、光強度均一化レンズ15に入射する入射光は、光強度分布がガウス分布であり、光軸付近において入射光強度が最も強く、光軸から離れるにしたがって入射光強度が弱くなる。図2(b)に示すように、光強度均一化レンズ15は、入射光が密になる中心部が平行光を拡散させる拡散レンズ(凹レンズ)状に形成されており、入射光が疎になる周辺部が平行光を収束させる収束レンズ(凸レンズ)状に形成されている。光強度均一化レンズ15は、ガウス分布における光強度の低い部分(レンズ周辺部)の光をカットしないために、入射光の光量を70~90%程度維持して光量損失を防止することができる。図2(c)に示すように、光強度均一化レンズ15から出射する出射光は、光強度分布が略均一な平行光になる。

【0023】この発明の第1実施形態に係る共焦点用光スキャナには、以下に記載するような効果がある。

(1) この第1実施形態では、入射光の光量を維持するとともに、この入射光の強度を均一化する光強度均一化レンズ15を設けたので、ガウス分布である点光源11のほぼ全エネルギーを保ったまま光強度分布を均一に変換してマイクロレンズ2aに光を導くことができる。その結果、例えば、従来の光強度分布補正フィルタのように、ガウス分布の中心付近を広げて周辺部をカットする場合に比べて、光量の低下を防止して、試料8を均一に照明することができる。

【0024】(2) この第1実施形態では、焦点距離の短いコリメータレンズ12を使用することができるために、点光源11とコリメータレンズ12との間の間隔が小さくなる。その結果、試料8に光を照射する照明光学系が小さくなり、メンテナンスが容易になり、装置のコンパクト化とコスト減を図ることができる。

【0025】(第2実施形態)図3は、この発明の第2実施形態に係る共焦点用光スキャナの拡大光学系の配置を示す図であり、図3(a)はガリレオ型拡大光学系を配置した例であり、図3(b)はケプラー型拡大光学系を配置した例である。

【0026】この発明の第2実施形態は、光強度均一化レンズ15と遮蔽板13との間に、ガリレオ型拡大光学系16及びケプラー型拡大光学系17を配置した実施形態である。図3に示すガリレオ型拡大光学系16及びケプラー型拡大光学系17は、光強度均一化レンズ15を透過した光ビームの口径を拡大するためのレンズ群である。図3(a)に示すガリレオ型拡大光学系16は、光強度均一化レンズ15からの平行光が入射する凹レンズ16aと、この凹レンズ16aを透過した光が入射する凸レンズ16bとから構成されている。図3(b)に示すケプラー型拡大光学系17は、光強度均一化レンズ15からの平行光が入射する凸レンズ17aと、この凸レンズ17aを透過した光が入射する凸レンズ17bとから構成されている。

【0027】この第2実施形態では、小口径の光強度均一化レンズ15によって略均一な光強度の平行光にした後に、ガリレオ型拡大光学系16及びケプラー型拡大光学系17によってマイクロレンズ2aに入射する光ビームの口径を大きくすることができる。その結果、製造が困難で高価な大口径の光強度均一化レンズ15を使用する必要がなくなって、装置の低コスト化を図ることができる。

【0028】(第3実施形態)図4は、この発明の第3実施形態に係る共焦点用光スキャナの縮小光学系の配置を示す図であり、図4(a)はガリレオ型縮小光学系を配置した例であり、図4(b)はケプラー型縮小光学系を配置した例である。

【0029】この発明の第3実施形態は、コリメータレ

レンズ12と光強度均一化レンズ15との間に、ガリレオ型縮小光学系18及びケプラー型縮小光学系19を配置した実施形態である。図4に示すガリレオ型縮小光学系18及びケプラー型縮小光学系19は、コリメータレンズ12を透過した光ビームの口径を縮小するためのレンズ群である。図4(a)に示すガリレオ型縮小光学系18は、コリメータレンズ12からの平行光が入射する凸レンズ18aと、この凸レンズ18aを透過した光が入射する凹レンズ18bとから構成されている。図4

(b)に示すケプラー型縮小光学系19は、コリメータレンズ12からの平行光が入射する凸レンズ19aと、この凸レンズ19aを透過した光が入射する凸レンズ19bとから構成されている。

【0030】この第3実施形態では、大口径で短焦点のコリメータレンズ12によって発散角の大きい点光源11からの光を平行光にした後に、ガリレオ型縮小光学系18及びケプラー型縮小光学系19によって光強度均一化レンズ15に入射する光ビームの口径を光強度均一化レンズ15のレンズ径に一致させることができる。

【0031】この発明は、以上説明した実施形態に限定するものではなく、以下に記載するように種々の変形又は変更が可能であり、これらもこの発明の範囲内である。この実施形態では、マイクロレンズ2aを有する集光ディスク2とピンホールディスク3とが一体となって回転するマイクロレンズ付きニボウ板型共焦点顕微鏡を例に挙げて説明したが、集光ディスク2を省略したニボウ板型共焦点顕微鏡についても本発明を適用することができる。

【0032】この実施形態では、モジュール化された共焦点用光スキャナ1を共焦点顕微鏡内に設置した場合を例に挙げて説明したが、この共焦点用光スキャナ1をユニット化して光学顕微鏡に着脱自在にしてもよい。

【0033】この実施形態では、点光源11としてレーザ光を使用しているが、タングステンランプ、水銀ランプ、キセノンアークランプなどを使用してもよい。また、レーザ光の波長に応じて光強度均一化レンズ15の曲率を変えて、試料8に与える蛍光色素にあったレーザ光を照射してもよい。

【0034】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によると、入射光の光量を維持するとともに、入射光の強度を

均一化する光強度均一化レンズを備えるので、光量を低下させずに光強度が均一な光を試料に照射することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1実施形態に係る共焦点用光スキャナの概略構成図である。

【図2】この発明の第1実施形態に係る共焦点用光スキャナの光強度均一化レンズを説明するための図であり、(a)は光強度均一化レンズに入射する入射光の強度分布を示し、(b)は光軸を含む平面で光強度均一化レンズを切断した状態を示す断面図であり、(c)は光強度均一化レンズから出射した出射光の強度分布を示す。

【図3】この発明の第2実施形態に係る共焦点用光スキャナの拡大光学系の配置を示す図であり、(a)はガリレオ型拡大光学系を配置した例であり、(b)はケプラー型拡大光学系を配置した例である。

【図4】この発明の第3実施形態に係る共焦点用光スキャナの縮小光学系の配置を示す図であり、(a)はガリレオ型縮小光学系を配置した例であり、(b)はケプラー型縮小光学系を配置した例である。

【図5】従来の共焦点用光スキャナの構成例を示す図である。

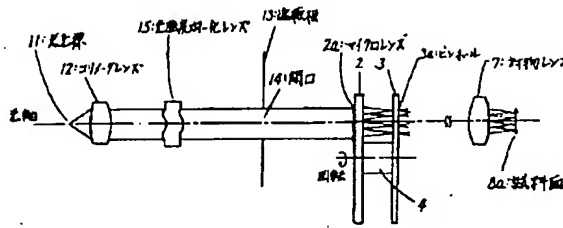
【図6】従来の共焦点用光スキャナの要部を示す構成図である。

【図7】従来の共焦点用光スキャナのコリメータレンズを通過する光の光強度分布を示す図である。

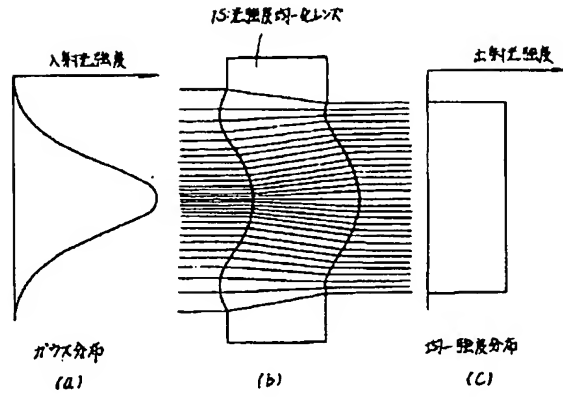
【符号の説明】

- 1 共焦点用光スキャナ
- 2 集光ディスク
- 2a マイクロレンズ
- 3 ピンホールディスク
- 3a ピンホール
- 11 点光源
- 12 コリメータレンズ
- 13 遮蔽板
- 14 開口
- 15 光強度均一化レンズ
- 16 ガリレオ型拡大光学系
- 17 ケプラー型拡大光学系
- 18 ガリレオ型縮小光学系
- 19 ケプラー型縮小光学系

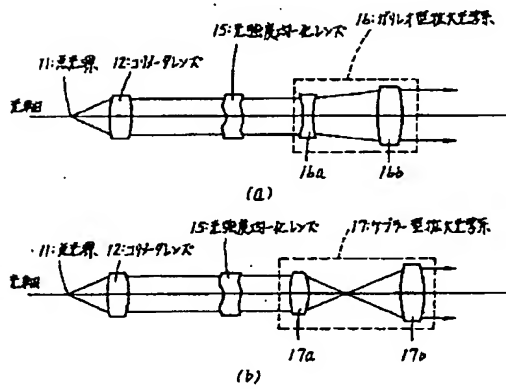
【図1】



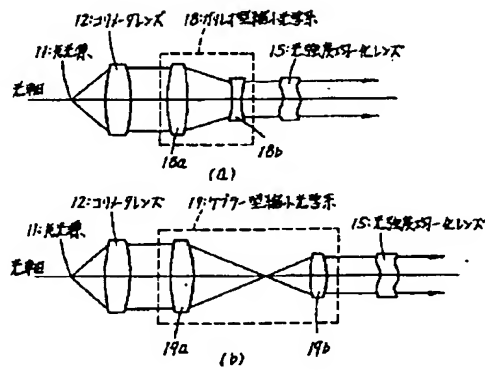
【図2】



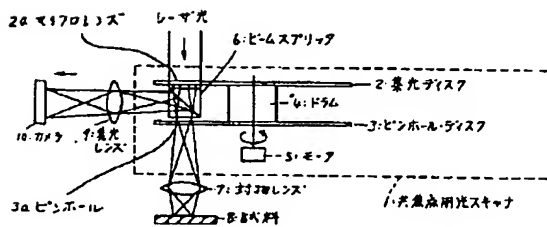
【図3】



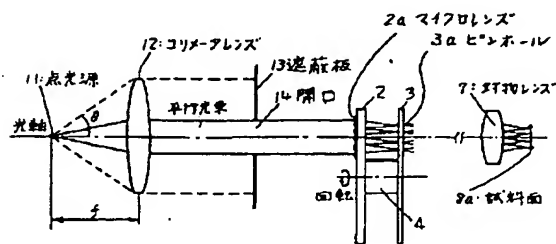
【図4】



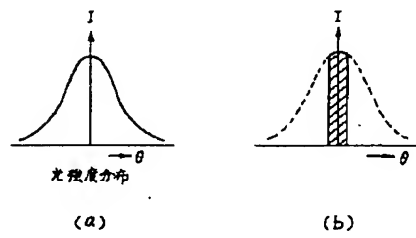
【図5】



【図6】



【図7】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.